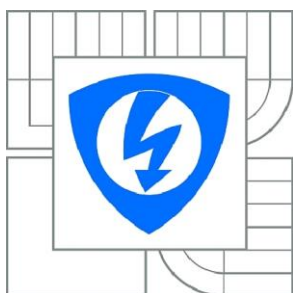


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

ŘÍDÍCÍ SYSTÉM ODSÁVÁNÍ

EXHAUSTION CONTROL SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

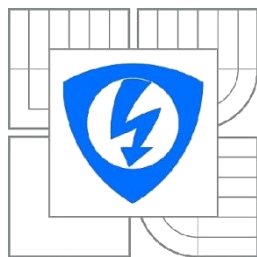
BORIS BRŠEL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ZBYNĚK FEDRA, Ph.D.

BRNO 2013



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Boris Bršel

Ročník: 3

ID: 133231

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Řídicí systém odsávání

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Definujte potřeby centrálního odsávacího systému pro dřevařský průmysl. Zaměřte se na popis potřebných periférií, návrh možnosti jejich řízení a propojení, senzory pro kontrolu funkčnosti a potřebné parametry pro ovládání. Sestavte blokové schéma a navrhnete jednotlivé součásti systému a blokové propojení.

Realizujte navržený systém, otestujte jednotlivé komponenty a celkovou funkčnost. Navrhnete a realizujte monitorování a zobrazení stavu systému a jeho řízení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR. Praha: BEN - technická literatura, 2003.

[2] MANN, B. C pro mikrokontroléry. Praha: BEN - technická literatura, 2003.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Témou mojej bakalárskej práce je riadenie odsávacieho systému pre drevársky priemysel. Je to veľmi obsiahla problematika a keďže som bez väčších skúseností v tomto odbore rozhodol som sa vytvoriť jednoduchší model odsávacieho systému. Rád by som pokračoval v tomto projekte aj pri diplomovej práci. Moja práca spočíva v popise potrieb pre takýto systém, návrh zhotovenia ako aj praktické zhotovenie pre stolársku dielňu. Ovládať súčasti systému som sa rozhodol mikrokontrolérmi, ktoré vzájomne bezdrôtovo komunikujú a rozhodujú o činnosti súčastí odsávacieho systému v takejto dielni. Úlohou tejto práce bolo taktiež porovnať dosiahnuté výsledky s ostatnými možnosťami ovládania odsávania po ekonomickej stránke ako aj technologickej.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

Odsávanie, pneumatické regulačné klapky, mikrokontrolér, bezdrôtová komunikácia, modul RFM12b, rentabilita.

ABSTRACT

Topic for my bachelor's thesis is control system of exhaustion for wood industry. It's very comprehensive issue, and since I am without bigger experience in this division I have chosen to create easier model of exhaustion system. I would like to continue in this project in master's thesis too. My thesis consists in description the requisites for system like this, draft of the making and also practical making for joinery manufactory. I have decided control the parts of system by microcontrollers, which communicate with each other wireless and also decide about activity of parts of system of exhaustion in workshop like this. The role of this thesis was also to compare achieved results with other possibilities of control of exhaustion from the economic and technological site too.

KEYWORDS

Exhaustion, pneumatic dampers, microcontroller, wireless communication, module RFM12b, profitability.

BRŠEL, B. *Řídicí systém odsávání*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 29 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Řídící systém odsávání“ jsem vypracoval(-a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Brně dne

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Zbyňkovi Fedrovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....
podpis autora

Obsah

1.	Úvod.....	1
2.	Odsávacie systémy v drevárskom priemysle	2
2.1	Výhody a nevýhody odsávania pilín	2
2.2	Predmet odsávania – sypká drevná hmota.....	3
2.3	Vzduchotechnický dopravný systém	3
2.4	Základné prvky vzduchotechnických systémov	7
2.4.1	Sací nadstavec	7
2.4.2	Vzduchotechnické potrubie s príslušenstvom	7
2.4.3	Prípojky na potrubie	8
2.4.4	Ventilátory.....	8
2.4.5	Odlučovače a filtre	9
2.4.6	Silá – zásobníky odpadového materiálu	10
2.4.7	Hasiace zariadenia.....	10
2.4.8	Regulačná a riadiaca technika	11
3.	Návrh môjho riešenia	13
3.1	Popis činnosti.....	13
3.2	Návrh systému a jeho periférií.....	15
3.3	Riadiaca jednotka – mikropočítač Atmega 8L	17
3.4	Bezdrôtová komunikácia	19
3.5	Programovanie jednotiek prijímač a vysielač.....	21
4.	Kalkulácia, zhodnotenie rentability.....	22
5.	Záver.....	26
6.	Informačné zdroje	27
7.	Zoznam príloh	29

Zoznam obrázkov

Obrázok 2.1 Polydisperzná sústava: 1 – častice sypkej drevnej hmoty, 2 – vlhký vzduch [1].	3
Obrázok 2.2 Vzduchotechnický systém sypkej drevnej hmoty od drevospracujúcich strojov v prevádzke drevárskej výroby [1]	4
Obrázok 2.3 Centrálny vzduchotechnický systém s vetvenou potrubnou sieťou [1]	5
Obrázok 2.4 Vzduchotechnický systém so zbernou komorou [1]	5
Obrázok 2.5 Vzduchotechnický systém zberným pásovým dopravníkom	5
Obrázok 2.6 Smer prúdenia vzduchu v obežnom kolese ventilátora: A – axiálny ventilátor, B – diagonálny ventilátor, C – radiálny ventilátor [1]	8
Obrázok 2.7 Vybraný ventilátor vyrobený talianskou firmou SAMA - Ventilatori Industriali [6]	9
Obrázok 2.8 Mobilný odsávač FT 403 od firmy AC Word [4]	10
Obrázok 2.9 Konštrukcia sila spojeného s filtrom a jeho súčasti: a) 64 filtračných vakov, b) motor, ktorý zabezpečuje miešanie pilín v sile, c) filter ako súčasť celku d) zberné silo ako súčasť celku e) dvierka pre riadenú explóziu [5]	10
Obrázok 2.10 Vetva potrubia vzduchotechnického systému regulovaná pneumatickými klapkami (viď. šípky)	11
Obrázok 2.11 Regulačné klapky používané vo vzduchotechnických systémoch a) elektropneumatické, b) motorické, c) manuálne [6] [7]	12
Obrázok 3.1 Vývojový diagram činnosti riadenia odsávacieho systému	14
Obrázok 3.2 Návrh použitia systému v podmienkach výrobnéj dielne s legendou, stroje sú iba ilustračné.	15
Obrázok 3.3 Blokové znázornenie princípu uvažovaného systému riadenia odsávania s legendou popisujúcou jednotlivé súčasti systému	16
Obrázok 3.4 Spínanie a rozopínanie ventilátora	17
Obrázok 3.5 Mikrokontrolér Atmega8L v prevedení MLF a jeho popísané piny [9]	17
Obrázok 3.6 Konštrukčné zhotovenie bezdrôtového komunikačného modulu RFM12B [13]	19
Obrázok 3.7 Popis jednotlivých pinov bezdrôtového komunikačného modulu RFM12B [13]	20

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Špecifická spotreba elektrickej energie na prepravu 1 tony odpadového materiálu do vzdialenosti 1m [1]	3
Tabuľka 2 Kusovník pre prijímač/vysielač	24
Tabuľka 3 Kalkulácia výroby, predaja a dodania systému	25
Tabuľka 4 Výpočet rentability	25

Zoznam rovníc

Rovnica 1 Výpočet predajnej ceny na základe požadovaného zisku a výrobnéj ceny	22
--	----

1. Úvod

V aktuálnej výrobnjej praxi je zrejmá tendencia k optimalizovaniu účinnosti výrobných strojov a výrobného prostredia vo vzťahu k prevádzkovým nákladom. Súčasťou tohto procesu je tiež znižovanie ich energetickej bilancie. Inventarizáciou smerovania výrobných nárokov konštatujeme dve naliehavé požiadavky.

- Maximalizovať pružnosť výroby,
- Minimalizovať energetickú náročnosť výroby.

Pre uvažované nábytkárske a stavebno-stolárske podniky je ich pružnosť dosahovaná koncepciou CNC strojov a zariadení, podporovaných CAD-CAM zázemím. Obrábacie stroje sú obvykle riešené s prihliadnutím na systém EPS (energy power saving), kedy príkon reflektuje na aktuálne požadovaný výkon. Odsávanie, ako nevyhnutné - sprievodné médium pre odvod odpadu pri trieskovom obrábaní však v podmienkach malých a stredných výrobní ostáva z pohľadu prispôsobovania sa výkonu k aktuálnej sacej požiadavke neriešené. Doterajší legislatívny stav nevytváral potrebu na sofistikovanejšie riešenia odsávania, nakoľko umožňoval nasadzovanie mobilných odsávaní s malými príkonmi, kde ich optimalizovanie je neúčinné. Proces harmonizácie európskej legislatívy však vyvoláva zásadné požiadavky na prechod na centrálné odsávacie systémy i v prostredí malých a stredných firiem, ktoré sú predmetom môjho záujmu. Predpokladám postupný nárast inštalácií centrálnych odsávaní, ktoré spolu s potrebou zachovania, či ešte zníženia doterajších energetických nárokov, vytvoria požiadavku na optimalizáciu sacieho výkonu.

Cieľom tejto práce je navrhnúť jednoduchý a účinný riadiaci systém odsávania, ktorý bude bez obsluhy reflektovať na aktuálne sacie nároky jednotlivých výrobných strojov. Umožní dodatočnú inštaláciu už do existujúcich dielní bez osobitých nárokov na montáž a bude cenovo dostupný s rozumnou návratnosťou. V práci sa nachádza vstup do problematiky vzduchotechnických systémov, popis súčasných riešení riadenia odsávania, presná definícia podmienok výroby, kde je uplatniteľné uvažované riešenie, ako aj samotný návrh riešenia, ktoré ako jediné z existujúcich ponúka bezdrôtovú komunikáciu s dopadom na jednoduchosť jeho inštalovania. Riešenie neuvažuje s nárokmi veľkých podnikov, je určené podnikom s cca 3 – 40 zamestnancami, čo je však približne 85% výrobných podnikov na trhu. Účelom tohto systému je v praxi znižovať energetickú spotrebu odsávacieho systému s vylúčením ľudského faktora.

2. Odsávacie systémy v drevárskom priemysle

V technologických procesoch delenia či obrábania dreva sa vytvára okrem samotného produktu – výrobku aj vedľajší produkt. Je to trieska, ktorej množstvo je závislé od mnohých faktorov. Toto množstvo vznikajúceho odpadu vzniká v každej drevospracujúcej prevádzke a v každej je potrebné riešiť zhromažďovanie tohto odpadu. Tento problém sa rieši dvoma spôsobmi a to formou:

- mechanickej dopravy dopravníkmi,
- vzduchotechnickou dopravou – odsávaním [1].

Nasadzovanie týchto systémov zaručuje čisté pracovné aj životné prostredie a stáva sa tak súčasťou tvorby týchto prostredí. Pre zabezpečenie vyhovujúceho stavu pracovného prostredia slúžia vetracie alebo klimatizačné zariadenia. Patria sem elementy pre vetranie, odsávanie a úpravu vzduchu.

Na vzduchotechnické zariadenia v priemysle sa kladú vysoké nároky nielen z pohľadu spoľahlivosti prevádzky či účinnosti, ale aj v spojitosti s požiadavkami zákonov o opatreniach na ochranu životného prostredia, teda znečisťovaní ovzdušia ako aj v spojitosti s hygienickými požiadavkami na pracovné a životné prostredie [2].

2.1 Výhody a nevýhody odsávania pilín

Presun pilín od drevospracujúcich strojov odsávaním a následnou vzduchotechnickou dopravou má svoje výhody aj nevýhody.

K prednostiam odsávania pilín zaraďujeme:

- a) pohotovosť k okamžitému plnému výkonu,
- b) bezproblémový odsun pilín od rezného stroja,
- c) jednoduchý transport pilín – sypkej drevnej hmoty na miesto určenia,
- d) relatívne jednoduché odlúčenie častíc sypkej drevnej hmoty od transportného vzduchu,
- e) malé nároky na údržbu vzduchotechnických vedení.

Za hlavné nedostatky odsávania pilín považujeme:

- a) jednotkou odsávaného vzduchu sa dopravuje len obmedzené množstvo pilín,
- b) dopravná rýchlosť transportného vzduchu je $v = 8$ až 35 m.s^{-1} ,
- c) kinetická energia transportného vzduchu sa v separačnom zariadení pri odlučovaní, resp. filtrácii nevyužíva,
- d) prúdenie sypkej hmoty v potrubí, ako aj samotná činnosť ventilátorov vytvára hluk,
- e) vzduchotechnická doprava v porovnaní s mechanickou dopravou je náročnejšia na energiu, čo dokladuje tabuľka 2.1 uvádzajúca špecifickú spotrebu elektrickej energie na prepravu 1 tony materiálu do vzdialenosti 1m.

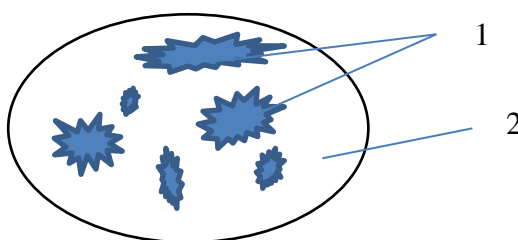
Tabuľka 1 Špecifická spotreba elektrickej energie na prepravu 1 tony odpadového materiálu do vzdialenosti 1m [1]

Druh dopravy	Spotreba elektrickej energie na prepravu 1 tony materiálu do vzdialenosti 1m.
Doprava vzduchotechnikou	0,026 [kWh.t ⁻¹ .m ⁻¹]
Doprava člankovými dopravníkmi	0,013 [kWh.t ⁻¹ .m ⁻¹]
Doprava pásovými dopravníkmi	0,0015 [kWh.t ⁻¹ .m ⁻¹]

Ďalším negatívom otvorených vzduchotechnických systémov, teda systémov, ktoré odvádzajú odsávaný vzduch z výrobných priestorov do atmosféry, je skutočnosť, že počas zimného obdobia odsávame z výrobných priestorov teplý vzduch a tým vznikajú tepelné straty. Iným negatívom v uzatvorených vzduchotechnických systémoch s centrálnym odsávaním je vytváranie prúdu vzduchu vo výrobnej hale kvôli lokálnym podtlakom. Tieto nedostatky sú v ostatnom čase riešené technicky formou recirkulácie odsávaného vzduchu nie do priestoru výrobnej haly, ale recirkuláciou odsávaného vzduchu do pracovného priestoru zakapotovaných strojov. [1]

2.2 Predmet odsávania – sypká drevná hmota

Laicky voláme sypkú drevnú hmotu jednoducho „piliny“. Tieto materiály sú však predmetom tak komplexného odboru akým je vzduchotechnická doprava. Charakteristické je pre túto drevnú hmotu, že jednotlivé častice, tzv. triesky nevyplňajú celý objem priestoru, ktorý zaberajú. Medzi jednotlivými trieskami sú medzery vyplnené vlhkým vzduchom. Táto skutočnosť zaraďuje sypkú drevnú hmotu do kategórie disperzie, teda nerovnorodej sústavy. Vďaka tomu, že táto hmota má rôznorodý objem a veľkosť, obecné radíme sypkú drevnú hmotu ako polydisperznú sústavu (obr. 2.1).

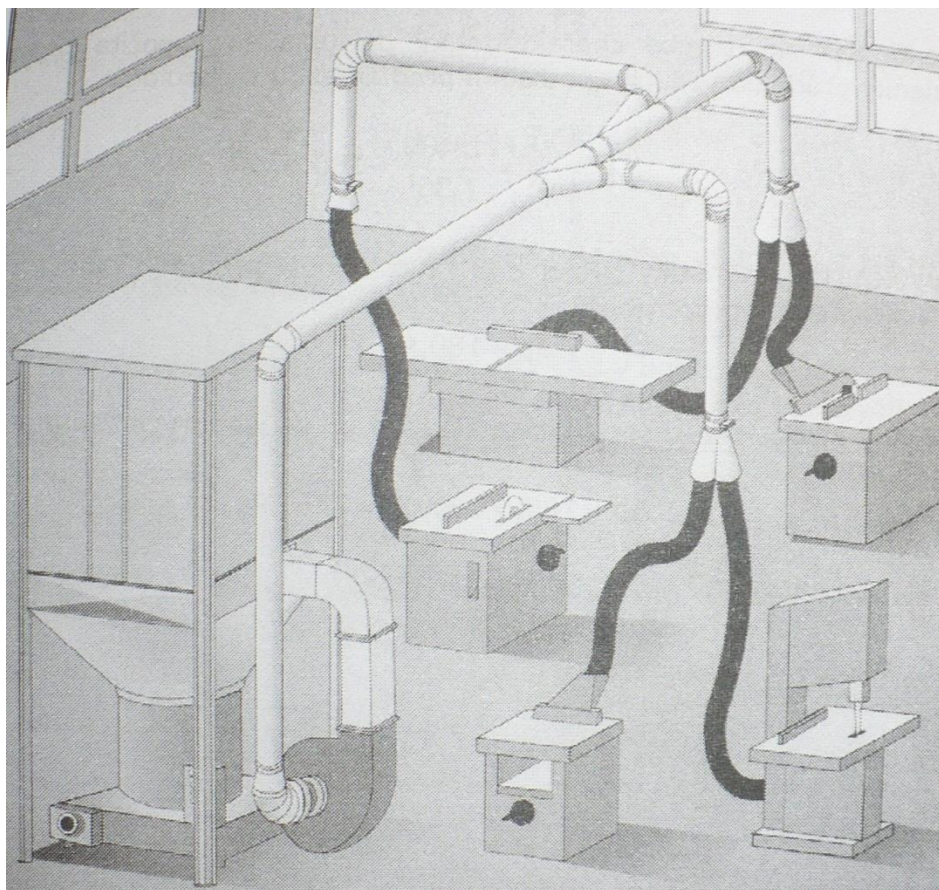


Obrázok 2.1 Polydisperzná sústava: 1 – častice sypkej drevnej hmoty, 2 – vlhký vzduch [1]

2.3 Vzduchotechnický dopravný systém

Tento systém je vlastne sústavou vzduchotechnických prvkov: sací kôš, potrubie, ventilátor, separačné zariadenie, zásobník a armatúry slúžiace na dopravu pilín z jedného miesta na druhé miesto.

Pohľad na vzduchotechnický systém odsávania sypkej drevnej hmoty od drevospracujúcich strojov v prevádzke drevárskej výroby je na obrázku (obr. 2.2).



Obrázok 2.2 Vzduchotechnický systém sypkej drevnej hmoty od drevospracujúcich strojov v prevádzke drevárskej výroby [1]

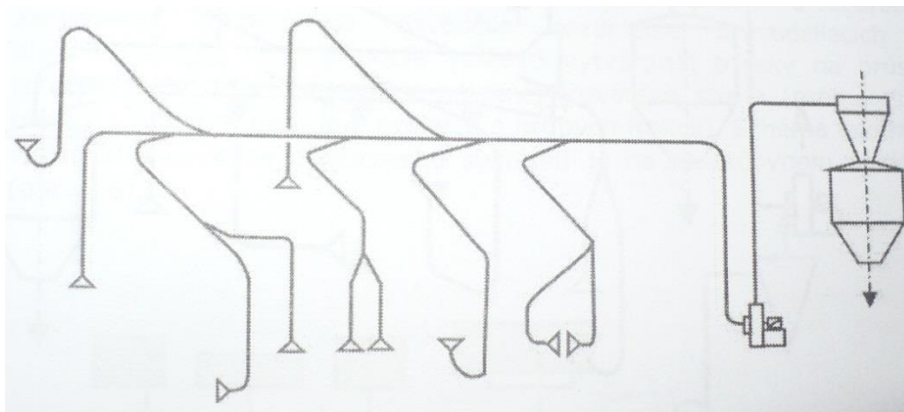
Vzduchotechnické dopravné systémy sú pre množstvo variant usporiadania jednotlivých prvkov vo vzduchotechnickej sústave, alebo rôzne požiadavky kladené na tieto systémy od seba značne odlišné. Na základe tejto skutočnosti rozdeľujeme vzduchotechnické dopravné systémy podľa týchto hľadísk:

1. Riešenie potrubnej siete vzduchotechnického systému.
2. Počet zariadení pripojených na jeden ventilátor a separačné zariadenie v dopravnom systéme.
3. Umiestenie ako aj riešenie ventilátora v systéme.
4. Tok transportného vzduchu vzduchotechnickým systémom.
5. Množstvo pilín pripadajúce na jednotku dopravného vzduchu.

1. Riešenie potrubnej siete vzduchotechnického systému podľa tohto hľadiska vzduchotechnické dopravné systémy delíme:

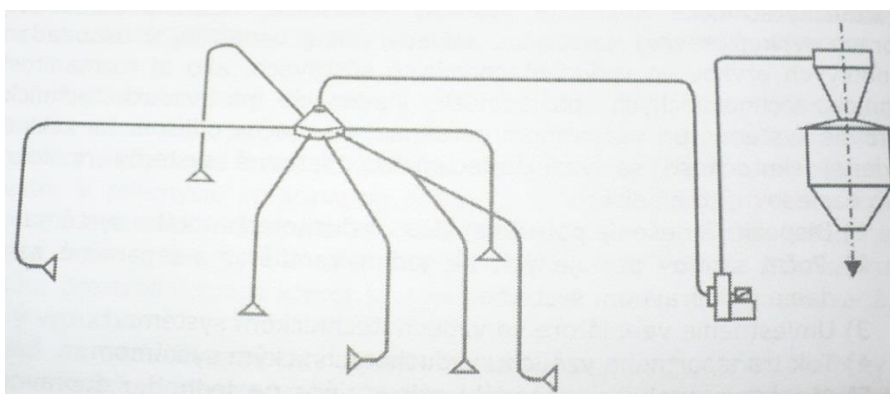
- a) centrálny vzduchotechnický systém s vetvenou potrubnou sieťou,
- b) vzduchotechnický systém so zbernou komorou,
- c) vzduchotechnický systém zberným pásovým dopravníkom.

1a) Centrálny vzduchotechnický systém s vetvenou potrubnou sieťou (obr. 2.3), je charakteristický tým, že na hlavné potrubie vzduchotechnického systému sú pripojené bočné vetvy vzduchotechnického systému.



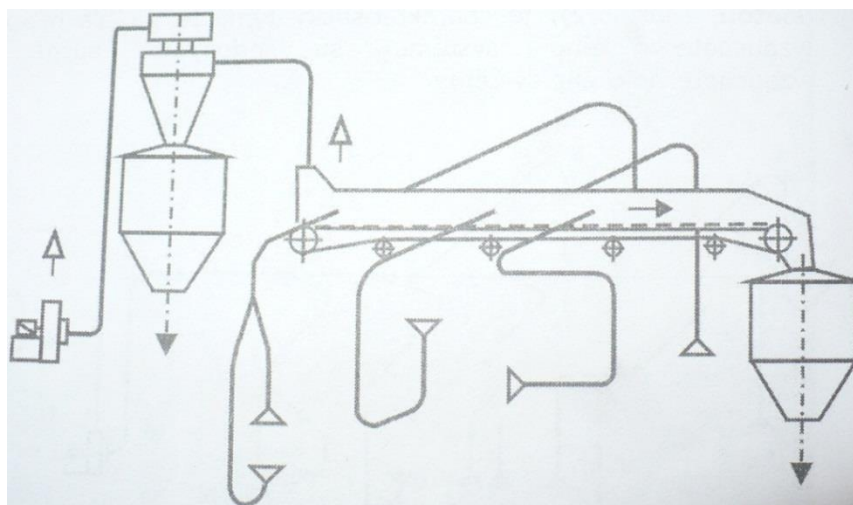
Obrázok 2.3 Centrálny vzduchotechnický systém s vetvenou potrubnou sieťou [1]

1b) Vzduchotechnický systém so zbernou komorou, (obr. 2.4), v ktorom sa jednotlivé vetvy vzduchotechnického systému zavádzajú do kužeľovej zbernej komory, ktorá sa nachádza pred zdrojom sania – ventilátorom.



Obrázok 2.4 Vzduchotechnický systém so zbernou komorou [1]

1c) Vzduchotechnický systém zberným pásovým dopravníkom, (obr. 2.5), ktorý je charakteristický tým, že jednotlivé vetvy vzduchotechnického systému sú spojené v jednej komore so stálym prierezom, na dne ktorej sa nachádza pásový dopravník pre odsun pilín.



Obrázok 2.5 Vzduchotechnický systém zberným pásovým dopravníkom

2. Počet zariadení pripojených na jeden ventilátor a separačné zariadenie v dopravnom systéme, uvedené kritérium člení tieto systémy na:

- a) centrálné vzduchotechnické systémy,
- b) skupinové vzduchotechnické systémy,
- c) jednotkové vzduchotechnické systémy,
- d) delené vzduchotechnické systémy.

2a) Centrálné vzduchotechnické systémy sú charakteristické tým, že všetky stroje určitého výrobného zoskupenia (hala, závod, výrobný objekt) sú prostredníctvom potrubnej siete pripojené na jeden ventilátor a separačné zariadenie. Tok transportného vzduchu i odsávaného materiálu z celého objektu sa sústreďuje na jedno miesto.

2b) Skupinový vzduchotechnický systém charakterizuje skutočnosť, že jednotlivé stroje vo výrobe sú rozdelené do skupín, liniek. Každá takáto skupina má samostatný ventilátor a separačné zariadenie.

2c) Jednotkové vzduchotechnické systémy je usporiadanie vzduchotechnického systému, kde má každý stroj vlastné samostatné odsávanie.

2d) Delené vzduchotechnické systémy sa odlišujú od ostatných systémov tým, že od jedného stroja je vedených niekoľko potrubných sietí s vlastnými ventilátormi a separačnými zariadeniami.

3. Umiestnenie ventilátora vo vzduchotechnickom systéme, toto kritérium delí tieto systémy nasledovne:

- a) podtlakové (negatívne),
- b) pretlakové (pozitívne),
- c) zmiešané.

3a) Podtlakový systém je vzduchotechnický dopravný systém, v ktorom je ventilátor umiestnený na konci vzduchotechnického systému za separačným zariadením a celá potrubná sieť je v podtlaku.

3b) Pretlakový systém je taký systém, v ktorom ventilátor zaraďujeme tesne pred stroj alebo skupinu strojov, piliny sa do potrubnej siete dávajú turniketom. Celá časť potrubnej siete vrátane separačného zariadenia je v pretlaku.

3c) Zmiešaný systém je taký systém, v ktorom časť potrubnej siete je v podtlaku a nasledujúca časť potrubia za ventilátorom vrátane separačného zariadenia je v pretlaku.

4. Tok dopravného vzduchu vo vzduchotechnickom systéme je kritérium podľa ktorého sa tieto systémy rozdeľujú na:

- a) otvorené vzduchotechnické systémy,
- b) uzatvorené vzduchotechnické systémy.

4a) Otvorený vzduchotechnický systém je systém, z ktorého je dopravný vzduch zo separačného zariadenia dopravovaný do atmosféry.

4b) Uzatvorený vzduchotechnický systém je systém, v ktorom dopravný vzduch

v separačnom zariadení je vyčistený na úroveň hygienických požiadaviek kladených na pracovné prostredie a je dopravovaný späť do pracovného priestoru výrobného objektu.

5. Množstvo sypkého materiálu pripadajúceho na jednotku dopravného vzduchu je hľadisko, podľa ktorého sa vzduchotechnické dopravné systémy delia na:

- a) odsávanie,
- b) pneumatickú dopravu.

5a) Odsávanie je vzduchotechnický dopravný systém, pri ktorom sa piliny odsávajú od drevoobrábacích alebo drevodeliacich strojov.

5b) Pneumatická doprava je vzduchotechnický dopravný systém, ktorý slúži na transport pilín. Túto dopravu realizuje vlhký vzduch [1].

2.4 Základné prvky vzduchotechnických systémov

Každý vzduchotechnický dopravný systém má niekoľko základných prvkov, ktoré sú nevyhnutné pre plnenie účelov týchto systémov.

Patria medzi ne tieto základné prvky:

- 1) sací nadstavec,
- 2) vzduchotechnické potrubie s príslušenstvom,
- 3) prípojky na potrubie,
- 4) ventilátory,
- 5) odlučovače a filtre,
- 6) zásobníky – silá,
- 7) hasiace zariadenia,
- 8) regulačná a riadiaca technika [2].

2.4.1 Sací nadstavec

Slúži na usmernenie prúdu vzduchu do miest vzniku triesky, jej sústred'ovanie a odsávanie. Požiadavky na dobrú funkciu sacieho nadstavca sú:

- vysoký stupeň záchytu vznikajúceho odpadu,
- ľahký prístup k nástroju,
- prijateľná tlaková strata [2].

2.4.2 Vzduchotechnické potrubie s príslušenstvom

Je to základný dopravný prostriedok odpadového materiálu. Je výhradne kruhového prierezu a používajú sa priemery od 80 mm do 1120 mm. Sú zhotovované z oceľového pozinkovaného plechu. Na pripojenie sacích nadstavcov jednotlivých strojov na potrubie centrálného vzduchotechnického systému sa miesto pevných oceľových potrubí v ostatnom čase s obľubou používajú ohybné potrubia z PVC materiálov, či polyuretánu. Ich príslušenstvo tvoria najčastejšie:

- rýchchlouzávery potrubia, ktoré slúžia na ochranu,
- odlučovače ťažkých kusov,
- indikátory nadmerného úletu malých mechanických častíc [1] [2].

2.4.3 Prípojky na potrubie

Sú to rôzne tvarové kusy slúžiace k zmene smeru prúdenia vzduchu, pripájaniu potrubia na hlavné vzduchotechnické potrubie.

Poznáme nasledovné druhy:

- oblúky (kolená),
- prípojky, prechody,
- kolektory, kužeľové zberače.

Môžu byť rôzneho vyhotovenia:

- pružné,
- pevné [1] [2].

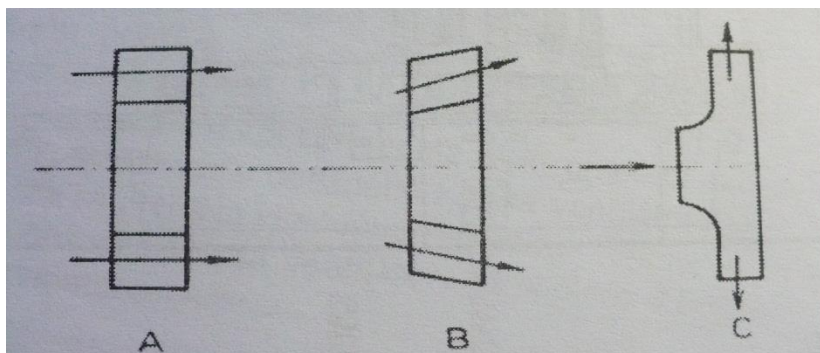
2.4.4 Ventilátory

Ventilátory sú rotačné lopatkové stroje slúžiace na dopravu plynov, v ktorých sa mechanická práca z hnacieho motora rotačným pohybom obežného kolesa mení na tlakovú energiu plynu. Sú buď na priamy pohon elektromotorom, keď je obežné koleso nalinkované na hriadeli motora, alebo je spojenie medzi motorom a ventilátorom je urobené spojku [1].

Výkon elektromotora ventilátora určuje viacero faktorov. Tým najdôležitejším je počet strojov v prevádzke výroby a množstevné potreby odsávaného odpadového materiálu. Množstvo odpadových pilín od konkrétnych strojov je podstatná veličina pri projektovaní rozmerov systému odsávacieho potrubia. Výber ventilátora určuje aj predpis filtra, na ktorý je pre ventilátor vo vzduchotechnickom dopravnom systéme priamo naviazaný.

Rozdelenie ventilátorov na základe prúdenia vzduchu, ich vyobrazenie vidíme na obr. 2.6,

- axiálne: prúdenie vzduchu je rovnobežné s osou ventilátora,
- radiálne: výstup plynu z obežného kolesa je kolmý na os ventilátora,
- diagonálne: prúdenie vzduchu je rôznobežné s osou ventilátora.



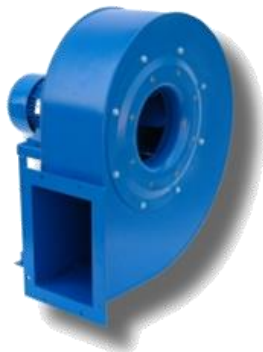
Obrázok 2.6 Smer prúdenia vzduchu v obežnom kolese ventilátora: A – axiálny ventilátor, B – diagonálny ventilátor, C – radiálny ventilátor [1]

Základové technické parametre a charakteristiky odstredivých ventilátorov:

- prietokové množstvo, V [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
- celkový tlak Δp_c [Pa],
- výkon odstredivého ventilátora, P [W],
- elektrický príkon ventilátora, N_e [W],
- celková účinnosť ventilátora, η [-] [1][2].

Vybraný ventilátor, bežne montovaný v praxi na obr. 2.7:

- nominálny príkon 15 kW,
- pracovný podtlak od 1500 do 3500 Pa,
- prepravná kapacita od 6750 do 28 900 m³/hod,
- otáčky 2935 min⁻¹,
- hlučnosť: 88 decibelov [3].



Obrázok 2.7 Vybraný ventilátor vyrobený talianskou firmou SAMA - Ventilatori Industriali [6]

2.4.5 Odľučovače a filtre

Odľučovače

Slúžia na odlúčenie škodlivín a jemných častíc od vzduchu pri odsávacích zariadeniach alebo pneumatickej doprave. Sú to valcové a komorové nádoby spojené so zásobníkom. Umiestnené sú vonku nad zásobníkom odpadu.

V montážnej zostave ich poznáme ako:

- jednotkové,
- skupinové, so spoločným zásobníkom.

Hlavné druhy odľučovačov sú buď mechanické alebo elektrické:

- suché, môžu byť: gravitačné, zotrvačné, rotačné – odstredivé, dynamické;
- mokré, môžu byť: sprchové, zotrvačné, penové, odstredivé – rotačné, kondenzačné.

Odľučovače sú charakterizované účinnosťou, ktorá je daná:

$$\eta_0 = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.1)$$

kde: ρ_1 – množstvo nečistôt vo vzduchu pred vstupom do odľučovača [kg.m³]
 ρ_2 – množstvo nečistôt vo vzduchu po výstupe z odľučovača [kg.m³] [2].

Filtre

Slúžia na odlúčenie a zachytenie jemných častíc a na očistenie vzduchu od nebezpečných prachových častíc malých rozmerov. Filtre slúžia ako posledný prvok pred navrátením vzduchu do výrobných priestorov, ak je vzduchotechnický systém nastavený na tzv. zimný režim, keď vzduch vraciame do výrobných priestorov z dôvodu zabráňovaniu únikov tepla [2].

Mobilné filtre: Sú to filtre, ktoré sa používajú napríklad, ak sa do výrobnéj haly pridá ďalšie zariadenie, ktoré potrebuje pre svoje fungovanie odsávanie odpadu

a vzduchotechnický systém nedovoľuje prídanie vetvy pre tento stroj, takúto filtračnú jednotku vidíme na obr 2.8.



Obrázok 2.8 Mobilný odsávač FT 403 od firmy AC Word [4]

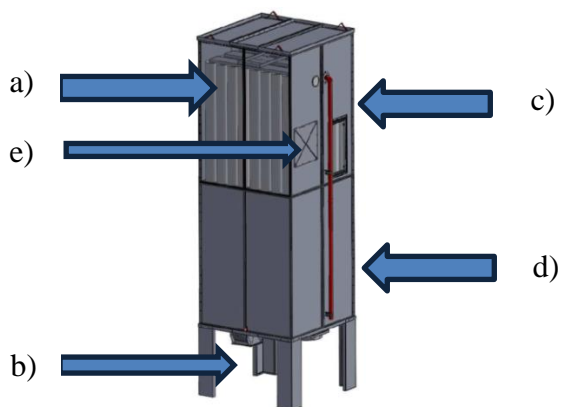
Podľa použitia môžeme filtre charakterizovať ako filtre pre:

- vetracie zariadenia: filtre atmosférického vzduchu, používame ak je potrebné odfiltrovať už iba menšie množstvo prachu,
- odsávacie zariadenia: priemyslové filtre, ktoré vysoko účinne čistia vzduch, sú určené pre väčšie množstvo prachu.

Ako filtračný materiál sa spravidla využíva vlna, bavlna, plst', sklenené vlákno, buničina a podobné [2].

2.4.6 Silá – zásobníky odpadového materiálu

Sú to nádrže s objemom 0,5 až 200 m³ určené pre krátkodobé alebo aj dlhodobé uskladňovanie odpadového materiálu. Silá sa riešia konštrukčne ako zvislé valcové alebo kvádrové nádoby. Sú koncovým prvkom vo vzduchotechnickom systéme. Často tvorí separačná časť systému, teda odlučovače a filtre spolu so silom jeden konštrukčný celok (obr. 2.9) [1].



Obrázok 2.9 Konštrukcia sila spojeného s filtrom a jeho súčasti: a) 64 filtračných vakov, b) motor, ktorý zabezpečuje miešanie pilín v sile, c) filter ako súčasť celku d) zberné silo ako súčasť celku e) dvierka pre riadenú explóziu [5]

2.4.7 Hasiace zariadenia

Požiarné riziká pri prevádzkovaní vzduchotechnických zariadení vyžadujú primerané koncepcie protipožiarnej ochrany. Nebezpečenstvo horenia vo vzduchotechnickom dopravnom systéme môže spôsobiť viacero faktorov. Prach z jemného dreva považujeme za výbušnú látku, pretože za istých okolností je pri kontakte so vzduchom možný výbuch. Veľmi dôležité je vždy mať systém uzemnený v jednom bode lebo ďalším faktorom, ktorý

môže spôsobovať výbuch je to, že letiace piliny vo vzduchotechnickom potrubí naberajú elektrický náboj a ten sa môže znásobovať v sile.

Týmto nebezpečenstvám zabráňujeme buď:

- a) pasívnou ochranou: poistné membrány, dvierka, ktoré riadia smer explózie pri výraznom zvýšení tlaku (obr. 2.9 e),
- b) aktívnou ochranou: pozostáva z indikátora iskier v potrubí s ich následnou likvidáciou [2].

2.4.8 Regulačná a riadiaca technika

Je to doplnková súčasť vzduchotechnického systému, ktorú systém pre svoju funkčnosť nepotrebuje. Ide o zautomatizovanie, čiže uľahčenie obsluhy systému ako aj vylúčenie chýb zapríčinených ľudským faktorom. Regulovať alebo riadiť môžeme najmä ventilátor resp. sústavu ventilátorov a to pomocou čidla rýchlosti prúdenia vzduchu v potrubí, ktoré je prepojené na menič frekvencie. Ten reguluje otáčky ventilátora a teda aj sací výkon, ktorý vyhovuje sacím potrebám zapnutých strojov. Otváranie prístupu odsávania k potrubiu umožňujú tzv. dampre – regulačné klapky (obr. 2.10). Tie otvoria sací nadstavec v momentne ako pracovník zapne spotrebič.



Obrázok 2.10 Vetva potrubia vzduchotechnického systému regulovaná pneumatickými klapkami (viď. šípky)

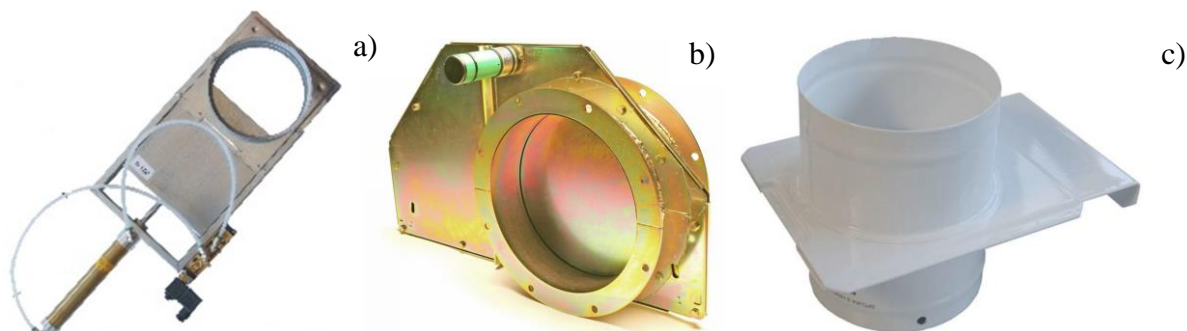
Regulovať a riadiť vieme aj iné činnosti v systéme vykonávané elektromotormi. Tie sú: vibračný motor vo filtračných vakoch, motor na miešanie odpadu v sile, vynášanie zo sily, požiarneho systému atď.

Najúčinnnejšou regulačno - riadiacou časťou takýchto systémov je riadenie ventilátorov resp. sústav ventilátorov, čo je hlavným predmetom mojej práce. Regulácia je vykonávaná regulačnými klapkami.

Regulačné klapky rozdeľujeme na základe spôsobu poháňania klapiek na (obr 2.11):

- a) **elektropneumatické**: tie prijímajú signál o zapnutí stroja (12, 24, 110 DCV) a na základe neho pneumatický systém otvára klapku (0,6 MPa). Klapka je pripojená na pneumatickú sieť, ktorá je štandardnou súčasťou každej drevospracujúcej dielne,

- b) **motorické:** využívajú sprevodované motory (24 DCV), ktoré po zapnutí stroja otvárajú klapku a stroj sa dostáva do vzduchotechnického systému. Je možné tiež mechanické otváranie klapky,
- c) **manuálne:** ovládané ručne.



Obrázok 2.11 Regulačné klapky používané vo vzduchotechnických systémoch a) elektropneumatické, b) motorické, c) manuálne [6] [7]

Riešenia na našom trhu:

Na našom trhu sa vyskytuje niekoľko riešení riadenia a regulácie odsávacích systémov.

Riešenie firmy Imas:

Firma IMAS, ako popredný taliansky výrobca odsávacích systémov, zabezpečuje ich riadenie prostredníctvom externej riadiacej jednotky. Táto však nerieši menežovanie otvárania a zatvárania klapiek, v spojení so zapínaním a vypínaním ventilátorov. Systém teda predpokladá, že sú ventilátory v činnosti počas celej pracovnej doby a programovateľná riadiaca jednotka rieši súčinnosť vynášania odpadu, oklepu, zmeny výkonu ventilátora, ako i ochranných prvkov (hasenie, hladinometry, upchávanie ...) atď. Pre mnou uvažované riešenie je systém IMAS neinšpiratívny.

Riešenie firmy Gremi Klima:

Slovenská firma GREMI pristupuje k riešeniu riadenia odsávacích klapiek unikátnym spôsobom, ktorý sa opera o motoricky ovládanú klapku, menežovanú vlastnou riadiacou jednotkou. Klapky tvoria vodivými spojmi sieť, sú predprogramované pre konkrétny stroj (rýchlosť prúdenia vzduchu). Napriek prepracovanosti sa toto riešenie vo výrobnéj praxi ukazuje ako náročné na externú údržbu v prípade porúch, alebo možného ďalšieho rozširovania spotrebičov. Ako riadiaca jednotka slúži v tomto systéme priemyselný automat PLC.

Riešenie firmy Ecogate:

Táto česká firma je tiež zameraná na ovládanie motorických klapiek, ktoré sa v praxi ukazujú ako kazivejšie a s kratšou životnosťou ako elektropneumatické. Ponúkajú viacero systémov. Sú to riešenia do 12, 24, či dokonca do 200 strojov. So zapnutím prvého stroja zapína ventilátor alebo sústava ventilátorov, a s vypnutím posledného sa vypína. Aj tým je pre mňa toto riešenie inšpiratívne najviac. Garantujú energetické úspory od 20% do 80%. [8]

3. Návrh môjho riešenia

Cieľovou skupinou pre moje riešenie riadenia odsávacieho systému sú nábytkárske a stavebno - stolárske výrobné podniky s počtom od 3 do cca 40 zamestnancov. To reprezentuje zhruba 85% celkového trhu. Aktuálnym riešením odsávania v podnikoch do 10 zamestnancov je pomocou mobilných odsávačov. Výrobné podniky s 10 a viac zamestnancami majú obvykle centrálné odsávanie bez akéhokoľvek riadenia. Tieto podniky často používajú aj mobilné odsávače, v prípade ak dôjde k doplneniu výrobné haly o ďalší stroj a vzduchotechnický systém nie je schopný zabezpečiť odsávanie od tohto stroja alebo pre prípad viacs menného používania tohto stroja. Dôvodom, prečo používajú takéto podniky mobilné odsávače môže byť tiež absencia riadenia odsávania, ktoré by napomohlo energetickej náročnosti sania.

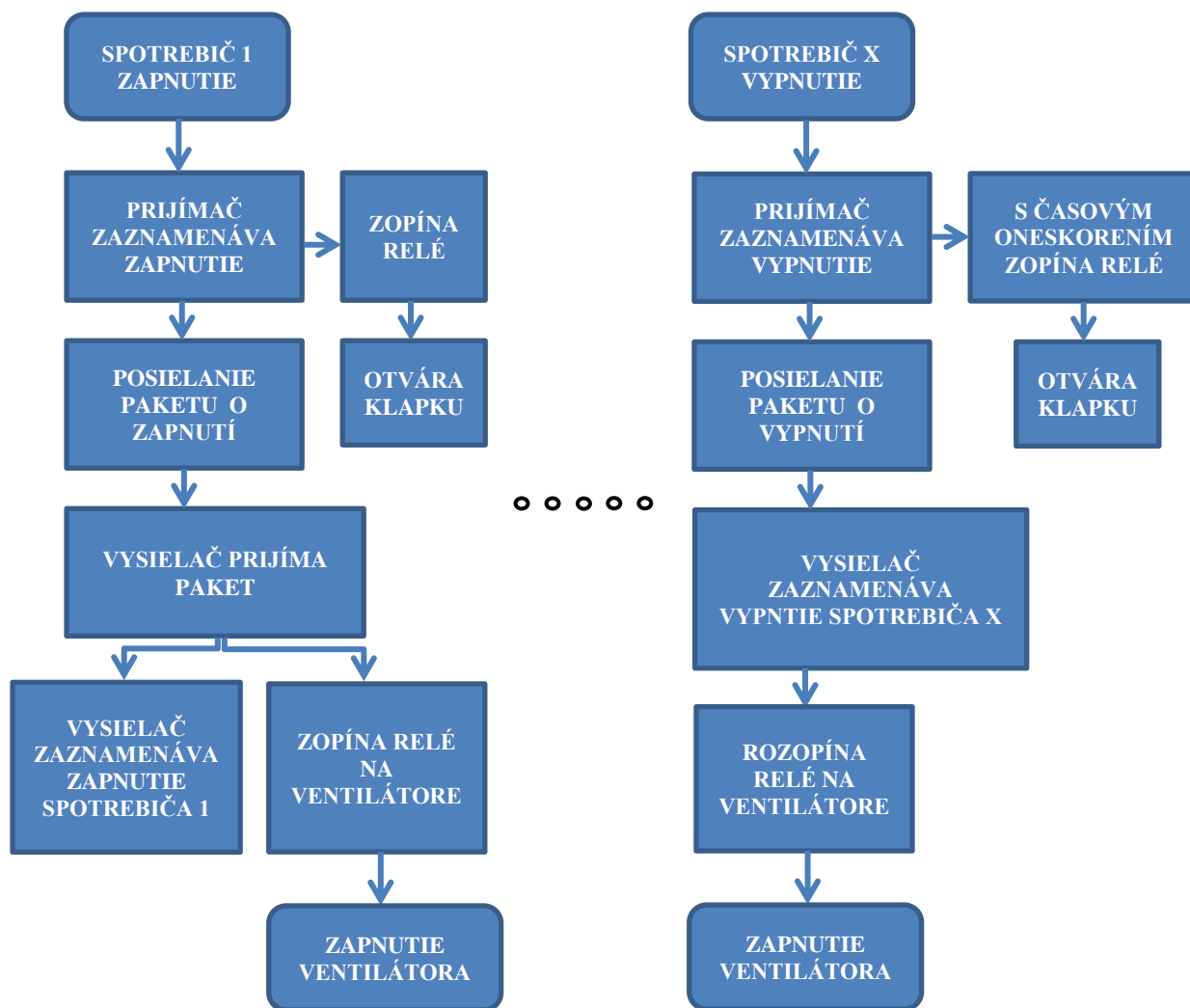
Z legislatívnych dôvodov je predpoklad, že aj malé výroby budú postupne prechádzať z jednotkového odsávania do centrálného. Aktuálne platí, že v interiéri dielne (jeden požiarny úsek) môže byť inštalovaný maximálny sací výkon $6000 \text{ m}^3/\text{hod}$, čo predstavuje sanáciu sacej potreby 2-3 drevárskych strojov. Obvykle je v bežnej dielni 10 a viac strojov.

Je predpoklad, že sa významne zvýši požiadavka po centrálnom odsávaní kde budú energetické nároky porovnateľné s doterajším stavom nasadenia mobilných odsávačov, ktoré sú zapnuté iba pri zapnutom stroji. Táto požiadavka bude musieť byť nutne podporená riadiacim systémom otvárania a zatvárania klapiek s prepojením na zapínanie a vypínanie ventilátora v snahe eliminovať ľudský faktor.

Pre uvažované riadenie je nutným predpokladom, aby odsávanie cez filter bolo priamo prepojené na silo tak, aby sa nevyžadovala súčinnosť ďalších motorických zariadení pre transport odpadu počas jeho vynášania zo sila. Teda odsávanie a vynášanie odpadu považujeme za dva nezávislé systémy.

3.1 Popis činnosti

Činnosť môjho systému sa bude zameriavať na zapínanie a vypínanie ventilátora a otváranie a zatváranie regulačných pneumatických klapiek pomocou **spínacích relé**. V mojej práci uvažujem o systéme s jedným ventilátorom, nie o sústave ventilátorov, ktorá sa vyskytuje iba vo väčších výrobných podnikoch. Základným princípom je zapnutie ventilátora pri zapnutí prvého stroja na pracovisku čo zaznamenáva môj systém, ktorý otvára elektropneumatickú regulačnú klapku a zapína ventilátor. Môj systém registruje vypnutie každého stroja, pri ktorom následne zatvára klapku. Keď zaznamená, že sa vypína posledný stroj v prevádzke, vypína ventilátor s časovým oneskorením, kvôli odsatiu všetkého odpadu, teda eliminácii usádzania a zabráneniu vysokého podtlaku, ktorý zdeformuje potrubie. Komunikácia medzi perifériami v systéme je riešená bezdrôtovo v pásme ISM. Technologické riešenia môjho systému budem rozvíjať v ďalších kapitolách. Prehľadným zobrazením činností navrhovaného systému je vývojový diagram (obr. 3.1). Spôsob riešenia riadenia otvárania a zatvárania klapiek s prepojením na zapínanie a vypínanie ventilátora významne ovplyvňuje skutočnosť, že prvý zapnutý stroj /spotrebič/ takmer nikdy nebude aj posledný vypnutý. Zapínanie a vypínanie strojov je nepredvídateľné, závislé od taktu práce v dielni. Systém však vždy musí rozpoznať posledný vypnutý stroj, aby následne vypol ventilátor a bola tak naplnená požiadavka, že ventilátor je v činnosti iba ak je minimálne jeden spotrebič aktívny.



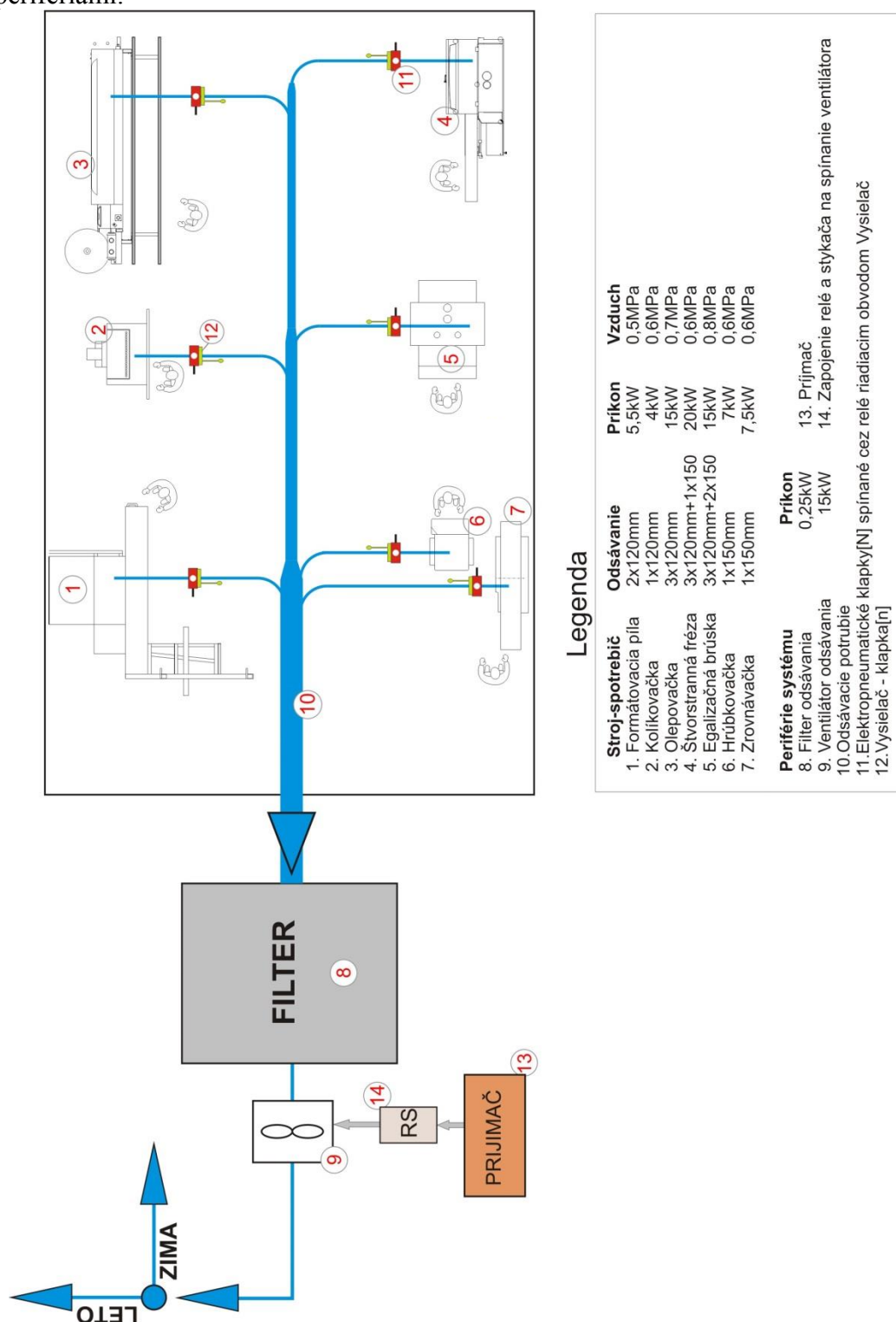
Obrázok 3.1 Vývojový diagram činnosti riadenia odsávacieho systému

Vysvetlivky:

- spotřebič 1: je to stroj, ktorý sa ako prvý na pracovisku zapína,
- spotřebič X: stroj, ktorý je posledný v prevádzke na pracovisku,
- vysielateľ: všetky riadiace jednotky ovládajúce regulačné klapky,
- prijímač: riadiaca jednotka ovládajúca ventilátor.

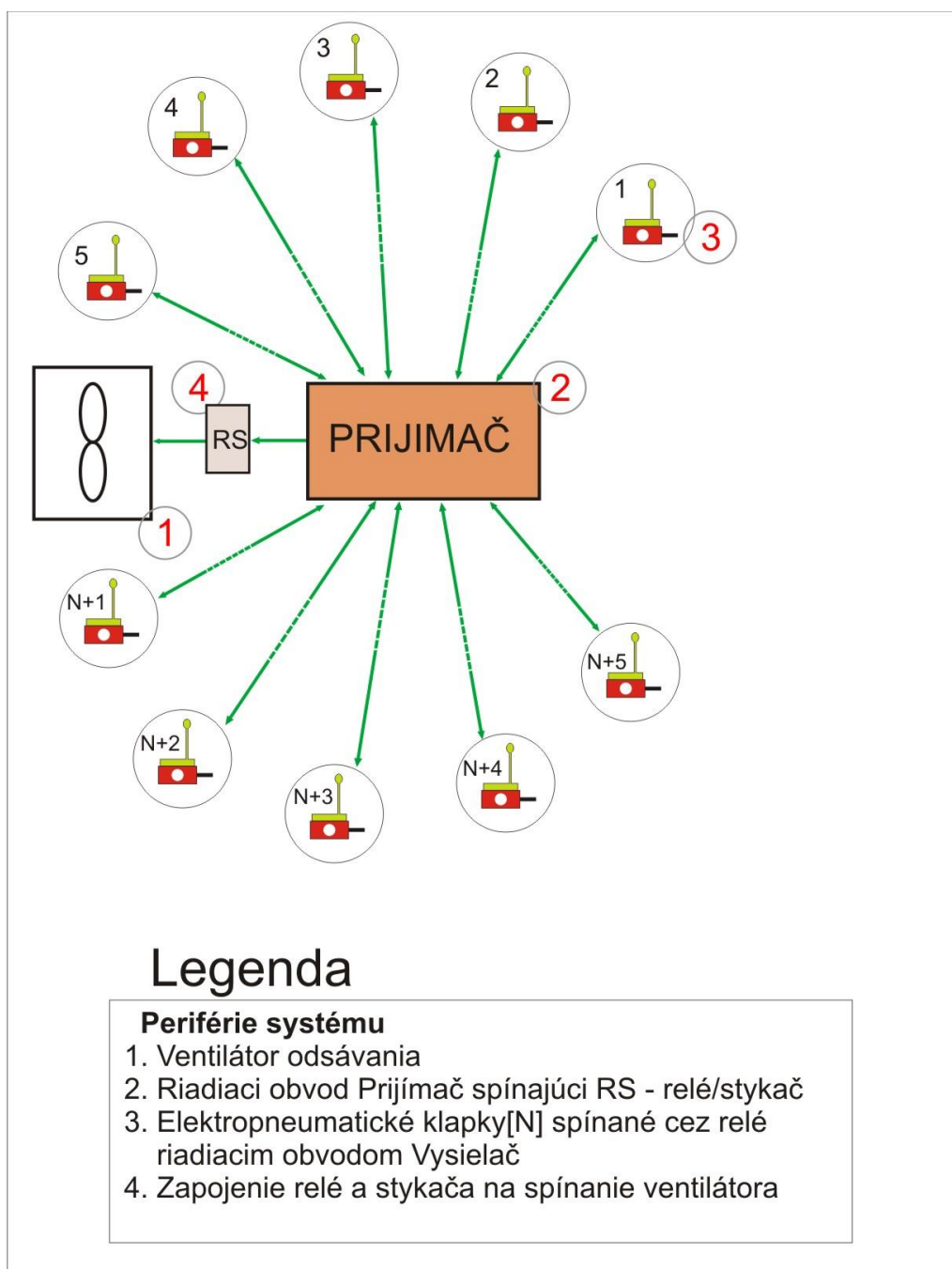
3.2 Návrh systému a jeho periférií

Použitie systému v praxi vidíme na obr. 3.2, ktorý zobrazuje bežnú výrobnú dielňu v prevádzke s odsávacím systémom riadeným a monitorovaným uvažovaným systémom a jeho perifériami.



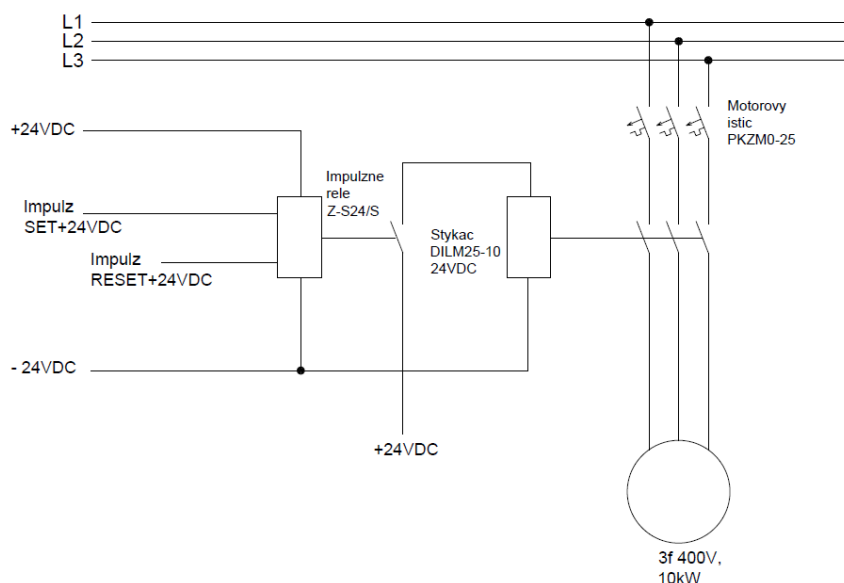
Obrázok 3.2 Návrh použitia systému v podmienkach výrobnéj dielne s legendou, stroje sú iba ilustračné.

Na obr. 3.3 vidíme zjednodušené návrh tohto systému v blokoch.



Obrázok 3.3 Blokové znázornenie princípu uvažovaného systému riadenia odsávania s legendou popisujúcou jednotlivé súčasti systému

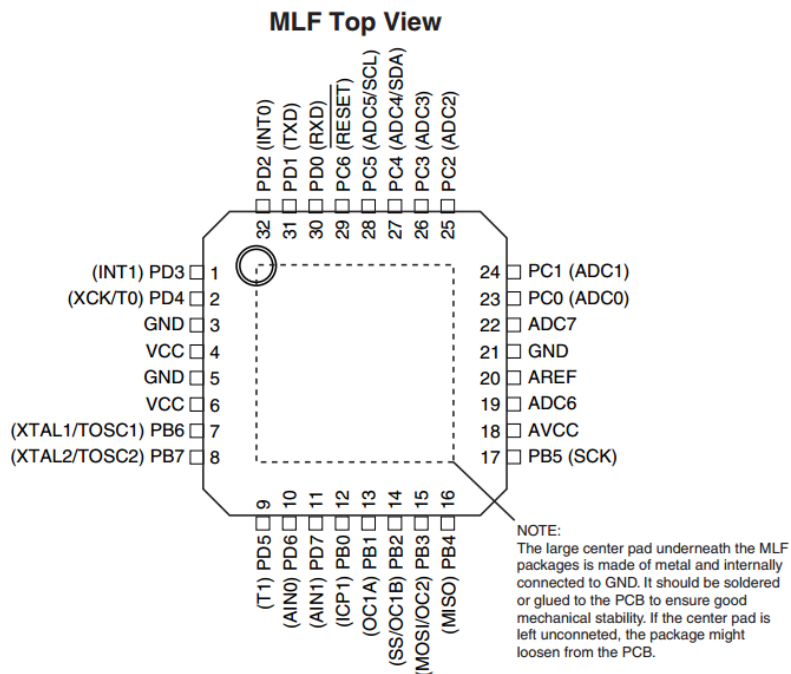
Spínanie a rozopínanie ovládaných periférii odsávacieho systému realizujú impulzné relé. Sú dimenzované tak, že pri otváraní a zatváraní regulačných klapiek impulz zopína respektíve rozopína 24DC, ktoré je štandardne k dispozícii v elektroinštalačnej skrini každého stroja. Vzhľadom na menovité výkony a prúdy tečúce pri zopínaní motoru je potrebné pri jeho ovládaní zaviesť za relé aj stykač, ktorý som ukázkovo dimenzoval pre motor s výkonom 10kW. Zapojenie spínania a rozopínania motoru je na Obrázku 3.4.



Obrázok 3.4 Spínanie a rozopínanie ventilátora

3.3 Riadiaca jednotka – mikropočítač Atmega 8L

Atmega8(L) vyrábaný firmou Atmel je nízko výkonový 8 bitový mikrokontrolér vyrobený CMOS technológiou s architektúrou RISC (procesory s redekovanou inštrukčnou sadou). Použil som prevedenie MLF - Micro Lead Frame (obr. 3.3).



Obrázok 3.5 Mikrokontrolér Atmega8L v prevedení MLF a jeho popísané piny [9]

Vlastnosti:

- 8 KB FLASH pamäť programu
- 512 B EEPROM pamäť
- 1KB vnútorná pamäť dát SRAM
- 100 000 cyklov R/W pamäte EEPROM
- 10 000 cyklov R/W pamäte FLASH
- 2 8 bitové časovače so samostatnou preddeličkou
- 16 bitový časovač so samostatnou preddeličkou
- počítadlo reálneho času so separátnym oscilátorom
- 3 PWM kanály
- 8 A/D prevodníkov
- programovateľná sériová linka – USART
- pracovný kmitočet 0-8 MHz
- pracovné napätie 2,7 V – 5,5 V
- 23 programovateľných I/O pinov
- vnútorný oscilátor na 1, 2, 4, 8 MHz [9]

Programovanie mikrokontroléru:

Mikrokontrolér je programovaný obvodom BiProg, ktorý slúži k ISP (In system programming) programovaniu mikrokontrolérov Atmel. ISP je rozhranie týchto zariadení, ktoré komunikuje pomocou SPI (Serial Peripheral Interface). SPI je zbernica určená pre komunikáciu medzi riadiacim mikrokontrolérom a ostatnými obvodmi.

BiProg obvod obsahuje štvornásobný prepínač, ktorým volíme režim napájania. Spínaním VTG určujeme napájanie cieľovej dosky, spínač USB na napájanie cez pripojenie k PC cez mikroUSB rozhranie na BiProgu. Ak chceme aby náš obvod bol napájaný z inej aplikácie zvolíme zopnutý VTG a vypnutý USB spínač. Obvod taktiež obsahuje indikačné LED diódy. Žltá slúži na indikáciu napájacieho napätia v ISP konektore. Prepínačmi 3,3V a 5V si volíme pracovné napätie obvodu. Zelená LED indikuje pripravenosť programátora a červená prebiehajúcu operáciu. Tlačidlo na doske plošného spoja (ďalej DPS) slúži k aktivácii inštalácie firmware BiProgu. Pre oživenie je dôležité mať už funkčný oživený BiProg obvod, cez ktorý sa inštaluje firmware. Návod na výrobu a oživenie je k dispozícii na stránkach Ústavu radioelektroniky na VUT v Brne [10].

Aplikácia programátora ako obvod Vysielač/Prijímač

Modul pre bezdrôtovú komunikáciu ako aj samotné riadenie mikrokontrolérom, je najvhodnejšie umiestniť na jednu DPS. Schéma zapojenia celej DPS ako aj kompletná technická dokumentácia navrhutej DPS je v Prílohách 1,2,3. Návrh bol realizovaný v programe Eagle. Je to užívateľsky prístupný editor plošných spojov, ktorý vo voľne šíriteľnej verzii plne postačoval potrebám návrhu mysleného obvodu. Bežným výstupom z podobných návrhových programov je aj zoznam použitých súčiastok, ktorý som exportoval do Tabuľky 2.

Obvod je navrhnutý na základe práce, v ktorá obsahovala návrh komunikácie modulov RFM12B pomocou mikrokontroléru ATmega [11].

Fyzicky sú teda všetky riadiace jednotky rovnaké, ale naprogramované sú ako **vysielač** – všetky riadiace jednotky ovládajúce regulačné klapky a **prijímač** – riadiaca jednotka ovládajúca ventilátor. Navrhnutý a zostavený obvod je v Prílohe 5.

3.4 Bezdrôtová komunikácia

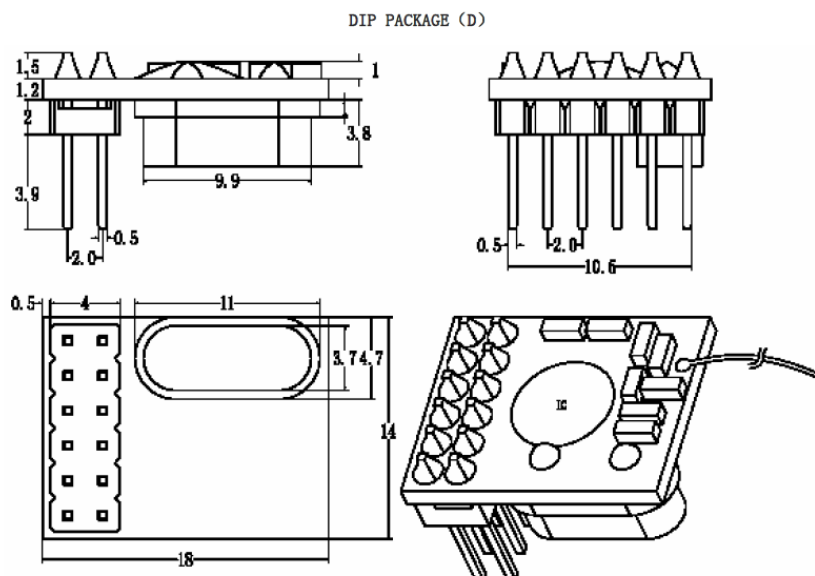
Jedná sa o transfer informácie medzi dvomi zariadeniami, ktoré nie sú vodivo spojené. Zahŕňa teda všetky rádiokomunikačné zariadenia. Jej základom je prenos informácií pomocou elektromagnetických vĺn, ktoré majú určitý kmitočet. Preto sa pásmo od 3kHz po 3THz delí na 9 pásiem. Nás zaujíma pásmo ISM (Industrial, Scientific, Medical), bezlicenčné pásmo určené pre priemyselné využívanie. Je to pásmo 2,4GHz [12].

Bezdrôtová komunikácia má v priemysle, v našom prípade v automatizácii množstvo výhod oproti vodivým spojeniam:

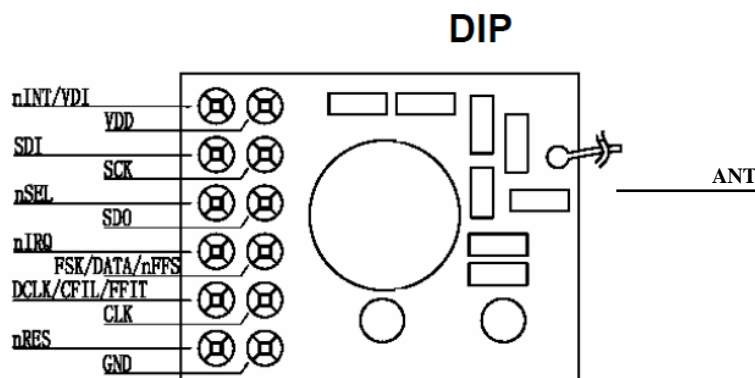
- transfer dát bez opotrebovania a pretrhávania spojov
- spoľahlivá komunikácia bez finančne náročných spojov
- transfer dát v reálnom čase v 2,4 GHz pásme špeciálne práve pre riadenie strojov
- zjednodušenie inštalácie, pri prípadnom pridávaní prvku do sústavy

Transciever – RFM12B

Jedná sa o zariadenie od firmy Hope RF, ktoré zabezpečuje bezdrôtovú komunikáciu v pásme ISM. Je určený pre komunikáciu cez SPI, teda vhodný pre aplikácie s mikrokontrolérmi. SPI je využívané aj na prenos konfiguračných príkazov. Moduly využívajú FSK moduláciu, obsahujú integrovaný PLL syntetizér so výstupným zosilňovačom. Súčasťou obvodu RFM12B je aj nízkošumový vstupný zosilňovač, I/Q zmiešavače a I/Q demodulátor, filtry ako aj zosilňovač v základnom pásme. Konštrukčné vyhotovenie ako aj popis jednotlivých pinov modulu RFM12B vo vyhotovení DIP, teda dvojradové púzdenie elektronickej súčiastky (obr. 3.4 a obr. 3.5). [13]



Obrázok 3.6 Konštrukčné zhotovenie bezdrôtového komunikačného modulu RFM12B [13]



Obrázok 3.7 Popis jednotlivých pinov bezdrôtového komunikačného modulu RFM12B [13]

Popis jednotlivých vývodov:

nINT/VDI – pin prerušenia/ponechania dát

VDD – napájací pin

SDI – sériový vstup dát

SCK – sériový hodinový impulz

nSEL – výber čipu

SDO – sériový výstup dát

nIRQ – prerušenie požadovaných dát

FSK/DATA/nFFS – prenos vstupných dát moduláciou FSK / výstup prijatých dát – použitie FIFO

DCLK/CFIL/FFIT – hodinový výstup / externý filter / prerušovanie cez FIFO, ak FIFO na úrovni 1

CLK – výstup hodinového signálu pre mikrokontrolér

nRES – reset výstupu – keď je na úrovni log 0

GND – pripojenie obvodu na zem

ANT – pripojenie pre anténu, ktorú reprezentuje bežný tenký jednožilový kábel

FIFO: spôsob zapisovania dát, keď podľa poradia zápisu od prvého po posledné, prvé aj vystupuje z pamäti [13].

Vlastnosti použitého RFM12B/868D:

- 0,3 μ A prúd odoberaný pri Stand by režime,
- 2,2 V – 3,8 V napájacie napätie,
- 25 mA maximálny vstupný prúd,
- 868 MHz komunikačná frekvencia,
- -100 dBm citlivosť,
- 4 dBm maximálny výstupný výkon,
- 200m dosah vo voľnom priestranstve [13].

3.5 Programovanie jednotiek prijímač a vysielateľ

Základným stavebných kameňom programov pre ovládacie jednotky prijímač a vysielateľ bola knižnica Transceiver [11]. Je to knižnica obsahujúca funkcie, ktoré využívam na komunikáciu prostredníctvom vysielaných paketov medzi mikrokontrolérmi. Komunikáciu realizuje modulačný obvod RFM12B, ktorý odosiela modulovaný paket. Ten obsahuje informáciu, ktorú potrebujem preniesť a zároveň vlastnú adresu odosielajúceho obvodu.

Prijímač

V programe Prijímač, ktorý definuje vlastnosti riadiacej jednotky ovládajúcej zopínanie ventilátora ide v podstate o to, že program sa v slučke cez funkciu send_RELE(RX), kde RX je adresa obvodov vysielateľ, dotazuje na stav (zapnutie alebo vypnutie) obvodov ovládajúcich klapky – vysielateľ. Ak sa niektorý z vysielateľov zapne prijímač to zaznamenáva. To zabezpečuje nekonečná slučka, ktorej súčasťou je aj podmienka o prípade kedy prijímač vypína ventilátor a to vtedy, ak sú pakety všetkých prijímačov v stave logickej nuly.

Vysielateľ

Rovnako ako prijímač aj vysielateľ využíva na definovanie vlastnej adresy premennú my_ID z knižnice Transceiver. Vysielateľov je viac a každý z nich musí prijímať pakety iba od prijímača, preto definujeme premennou ID_RX adresu prijímača. Funkcia posli_paket() odosiela paket o zapnutí obvodu. Následne je program v nekonečnej slučke, v ktorej odpovedá vysielateľu. Ten sa v cykle neustále dotazuje na stav prijímača. Cyklus využíva pre svoju funkčnosť prerušenie.

Ukážky z programov sa nachádzajú v Prílohách 3 a 4. Ukážky sú skúšobné programy, ktoré pomocou signalizačných diód dopomohli k doladeniu plnej funkčnosti oboch obvodov.

Programovanie bolo realizované programom AVR studio 4, ktorý je voľne šíriteľný na internetových stránkach výrobcu mnou použitých mikrokontrolérov Atmel. Ako programátor, teda zariadenie, cez ktoré sa program nahráva do obvodu vysielateľ/prijímač som použil obvod BiProg [10] [11].

4. Kalkulácia, zhodnotenie rentability

Pre kalkuláciu výrobku je prvoradé zostaviť tzv. kusovník (tab. 2), teda súbor všetkých použitých súčastí potrebných na vyhotovenie výrobku. V prípade môjho návrhu je to súbor súčiastok potrebných na vyhotovenie jedného obvodu prijímač/vysielač ku ktorým som pridal spínací stýkač, ktorý je súčasťou zapojenia každého obvodu v inštalácii v dielni. Výsledná suma pre kalkuláciu bola zostavovaná na základe cenových ponúk spoločností SOS electronic s.r.o. a TME Slovakia s.r.o. Vypočítaný súčet som použil aj v Tabuľke 3 ako materiál pre výrobu jedného kusu výrobku.

Ďalšou dôležitou súčasťou kalkulácie je zahrnutie kooperácií. V mojom prípade sa jedná o zadanie výroby DPS spoločnosti, ktorá ich podľa môjho návrhu vyrobí a dodá. Po dôkladnom prehliadnutí cenových ponúk dostupných na internete, kde mnohé podniky majú k dispozícii kalkuláciu ceny výroby na základe zákazníkom zadáných vstupných údajov o DPS (rozмеры, najmenší rozmer roztečí na DPS či forma povrchového spracovania) som sa rozhodol pre firmu PragoBoard s.r.o.

Treťou položkou pri zhotovovaní systému je mzda pracovníkovi, ktorý bude osádzať súčiastky na DPS. Pri osádzaní skúšobných kusov DPS som zistil, že je to práca asi na dve hodiny v prípade ak je zabezpečená plynulá práca dostatočným vybavením. Hodinovú mzdu som udal 3,50€ čo je bežná mzda pri podobnej práci.

Réžia je súhrn všetkých výdavkov, ktoré sa týkajú práce pri osádzaní dodanej DPS dodanými súčiastkami z kusovníka. Zahŕňa spotrebovanú energiu pri práci, spotrebovaný materiál či celkový beh v podniku kde sa práca vykonáva. Bežne sa réžia pohybuje na hodnotách od 200% do 300% z mzdy, ktorá je pracovníkovi vyplatená za prácu. Ja som réžiu určil ako 250% zo mzdy pracovníka.

Zo získaného medzisúčtu sa vyratúva sa podľa žiadaného zisku udávaného v percentách počíta predajná cena. Zisk alebo marža z výroby sa bežne pohybuje okolo 20%, tento údaj som aj použil vo svojej teoretickej kalkulácii. Vzorec pre výpočet je v Rovnici 1.

$$P = \frac{N}{1 - \frac{M}{100\%}}$$

Rovnica 1 Výpočet predajnej ceny na základe požadovaného zisku a výrobnéj ceny

Kde platí:

- P je predajná cena,
- N je nákupná alebo v tomto prípade výrobná cena,
- M je požadovaná marža udávaná v percentách.

Ďalej v kalkulácii vidíme, výpočet pre veľkoobchodný predaj rovnaký ako pri získavaní hodnoty predajnej ceny a takisto rovnaký výpočet pre maloobchodný predaj, ktorý sa pohybuje zväčša vyššie ako zisk z výroby či veľkoobchodného predaja. Stanovil som teda maržu pre maloobchodný predaj ako 30% z nákupnej ceny, za ktorú to maloobchodný predajca zakúpi.

Z tejto kalkulácie vzišla výsledná odporúčaná predajná cena pre jeden kus riadiaceho systému odsávania, ktorú vidíme v Tabuľke 3.

Pre každý automatizačno – regulačný systém je v neposlednom rade podstatná otázka rentability, ktorá pojednáva o ekonomickej výnosnosti na základe vložených prostriedkov.

Teda či systém, ktorý zavedieme prinesie nižšie náklady aj pri zahrnutí prostriedkov na jeho zavedenie ako sústava bez takéhoto systému.

Rentabilitu navrhovaného regulačného systému som overil na základe príkladu, ktorý je v Tabuľke 4. V tabuľke vidíme popísané dva prípady pracovísk, v ktorých v jednej je zavedený riadiaci systém odsávania a v druhom nie. Prvým dôležitým znakom z ekonomického hľadiska je, že na základe zistení je v pracoviskách bez regulácie 100% času počas jednej zmeny ventilátor v prevádzke, pričom na pracoviskách kde je zavedený systém riadenia zapínania a vypínania ventilátora je to asi o 30% menej. Vyplýva to z činnosti pracovníkov v dielni, ktorá nesúvisí vždy s prácou na obrábacom stroji.

Z dôvodu, že v praxi nie je reálne aby pracovali naraz všetky stroje stačí pri použití regulačných klapiek o polovicu menší výkon ventilátora. Bez regulácie je potrebné odsávať neustále akoby zo všetkých strojov aj napriek možnosti manuálnych klapiek, na ktoré sa však pri dimenzovaní ventilátora pre pracovisko nedá spoľahnúť, pretože v nich hrá rolu ľudský faktor.

Na základe týchto údajov som vypočítal náklady na prevádzku odsávacieho ventilátora. Cenu za 1kW elektrickej energie som určil zhruba, keďže nie je presne stanovená. Na základe katalógu firmy BOTO s.r.o. [14] som určil výdavky na regulačné klapky. Spínanie klapiek je realizované cez spínacie relé, ktoré som vybral z katalógu firmy Eaton Electric s.r.o. [15]. Takisto som volil z daného katalógu aj zariadenia na spínanie ventilátora spínacím relé a stýkačom. Po dohovore s prevádzkovateľom vzduchotechnickej inštalácie som určil cenu za inštaláciu zariadení na pracovisko.

Po sčítaní výdavkov za ročnú prevádzku ventilátora a zavedenie riadiaceho systému odsávania som dostal výslednú hodnotu, ktorú pre zistenie rentability systému porovnávam s výdavkami na odsávanie na pracovisku bez riadiaceho systému. Výsledkom, je že v priebehu roka je zavedenie riadiaceho systému odsávania rentabilné.

Všetky ceny, s ktorými v tejto kapitole kalkulujem sú bez DPH.

Tabuľka 2 Kusovník pre prijímač/vysielač

Kusovník pre prijímač/vysielač						
Diel	Hodnota	Súčiastka	Púzdro	Popis	Názov súčiastky	Odhadovaná cena (bez DPH)
C1	4u7/16V	CPOL-EUSMCA	SMC_A	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
C2	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C3	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C4	10n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,02 €
C5	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C6	27p	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,02 €
C7	27p	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,02 €
C8	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C9	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C10	4u7/16V	CPOL-EUSMCA	SMC_A	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
C11	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C12	100n	C-EUC1206	C1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C13	4u7/16V	CPOL-EUSMCA	SMC_A	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
C14	100nF	C1206	1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C15	10uF/16V	CPOL-EUSMCB	SMC_B	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
C16	100nF	C1206	1206	Capacitor	Keram. kondenzátor	0,01 €
C17	10uF/16V	CPOL-EUSMCB	SMC_B	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
C18	100nF/16V	CPOL-EUSMCB	SMC_B	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
C19	100nF/16V	CPOL-EUSMCB	SMC_B	Polarized capacitor	Tantal. kondenzátor	0,05 €
IC1	868MHz	RF12B_P	DIP_P		Komunikačný modul	2,40 €
IC2	LF33CDT	LP2950CDTX-3.3	DPACK		Stabilizátor	0,35 €
IC3	FT232RL	FT232RL	SSOP28DB	USB UART	Prevodník USB->UART	3,00 €
IC4	LF33CDT	LF33	TO252	3,3V low drop	Stabilizátor	0,35 €
IO1	ATmega8L	MEGA8-AI	TQFP32-08	Microcontroller	Mikrokontrolér	0,91 €
JP1		PINHD-1X12	1X12	PIN HEADER	Kolíková lišta	0,04 €
L1	10uH	L-US0207/10	0207/10@1	INDUCTOR	Trimka	0,12 €
LED1	RD	LED_1206	1206	LED	Led dióda	0,05 €
LED2	GR	LED3MM	LED3MM	LED	Led dióda	0,04 €
LED3	RD	LED3MM	LED3MM	LED	Led dióda	0,04 €
LED5	YL	LED3MM	LED3MM	LED	Led dióda	0,05 €
Q1	7.372MHz	CRYTALHC49S	HC49/S	CRYSTAL	Kryštál	0,24 €
Q2	BSN20	BSS123	SOT23	N-chan. MOS FET	Tranzistor	0,10 €
Q3	BSN20	BSS123	SOT23	N-chan. MOS FET	Tranzistor	0,10 €
Q4	BSN20	BSS123	SOT23	N-chan. MOS FET	Tranzistor	0,10 €
R1	10k	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R2	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R3	330	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R4	330	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R5	10k	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R6	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R7	27R	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R8	27R	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R9	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R10	100	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,02 €
R11	100	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,02 €
R12	100	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,02 €
R13	100	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,02 €
R14	330	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R15	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R16	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R17	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R18	4k7	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,01 €
R19-23	0	R-EU_R1206	R1206	RESISTOR	Rezistor	0,05 €
S1	P-B1720x	10-XX	B3F-10XX	OMRON switch	Tlačidlo	0,07 €
S2	DIP 4X	DS04	DS-04	DIL/CODE switch	Prepínač	0,40 €
SOURC	230V-> 5V	SINGLE	1	One Output	Spínaný napájací zdroj	4,50 €
SV1	MLW06G	ML6	ML6	HARTING	Vídlica do DPS	0,66 €
X1	USB-MINI B	F SMD USB-MB-S	USB-MB-S	USB Connectors	USB konektor	0,37 €
X3		W237-102	W237-102	WAGO CLAMP	Svorkovnica	0,21 €
Súčet výdavkov						14,87 €

Tabuľka 3 Kalkulácia výroby, predaja a dodania systému

Kalkulácia výroby, predaja a dodania systému			
(predpokladané množstvo pre kalkuláciu 100ks)			Sumy bez DPH
1.	Materiál (kusovník)		14,87 €
2.	Kooperácie		6,00 €
3.	Mzda	2 hodiny	7,00 €
4.	Réžia (výrobná, zásobovacia)	250%	17,50 €
Medzisúčet Σ1,2,3,4			45,37 €
5.	Zisk z výroby	20%	11,34 €
Medzisúčet Σ1,2,3,4,5			56,71 €
6.	Veľkoobchodná marža	20%	18,24 €
Medzisúčet Σ1,2,3,4,5,6			70,89 €
7.	Maloobchodná marža	30%	30,38 €
Odporúčaná cena na trhu pre konečného zákazníka			101,27 €

Tabuľka 4 Výpočet rentability

Výpočet rentability	
Pre rok 2013 - 250 pracovných dní	
Podnik A:	Podnik B:
S radiacím systémom odsávania	Bez regulácie klapiek
Oba uvažované podniky sú vybavené 10 obrábacími strojmi, napojenými na centrálny rozvod odsávania.	
Počet pracovníkov je 5 => súčinnosť strojov je 50%.	
Využitie času strojov v zmennej prevádzke [%]	
70%	100%
Potrebný ventilátor pre odsávanie - výkon [kW]	
7,5kW	15kW
Kalkulácia spotrebovanej elektrickej energie (myslená cena za 1kW = 0,20€)	
250dní * 70% * 8hod * 0,20€ * 7,5kW = 2100€	250dní * 100% * 8hod * 0,20€ * 15kW = 6000€
Cena klapiek (10ks) = 10ks * 120€ = 1200€	
Cena spínacích zariadení na klapkách (10ks) = 10ks * 15€ = 150€	
Cena spínacích zariadení na ventilátore (1ks) = 40€	
Cena za radiaci systém (11ks) = 11ks * 101,27€ = 1114€	
Cena inštalácie (odhad): 11ks * 50€ = 550€	
Súčet výdavkov za rok (2013) na odsávanie vrátane zavedenia radiaceho systému odsávania:	Súčet výdavkov za rok (2013) na odsávanie bez radiaceho systému odsávania:
5 154 €	6 000 €

5. Záver

Cieľom mojej bakalárskej práce bolo riešiť potreby odsávacích systémov vyskytujúcich sa v nábytkárskych a stavebno-stolárskych podnikoch s počtom zamestnancov 3 – 40, ktorých je na danom trhu približne 85%. Mojou úlohou bolo navrhnúť čo najoptimálnejšie riešenie regulácie odsávania, ktoré som taktiež mal fyzicky vyhotoviť a odsimulovať v pracovných podmienkach. Taktiež som sa zameral na výsledné závery práce s ohľadom na finančnú rentabilitu porovnaním nákladov na navrhnuté riešenie s ostatnými možnosťami, ktoré existujú pre dané výrobné podmienky.

V prvej časti svojej bakalárskej práce som podrobne popísal úlohu odsávacích systémov a ich periférii v nábytkárskych a stavebno-stolárskych podnikoch. Dôležitou časťou tejto kapitoly je predstavenie súčasného stavu odsávacích systémov a výpočet dôvodov na automatizovanie týchto systémov. Demonštroval som rôzne riešenia riadenia odsávacích systémov, ktoré sa vyskytujú v súčasnosti na trhu. Zdôvodnil som predpoklady budúceho zavádzania centrálnych odsávacích systémov v cieľovej zákazníckej skupine ako i nutnosť na túto tendenciu reagovať ich reguláciou. Rezultát z tejto kapitoly podporuje naliehavosť a aktuálnosť mojej práce.

V nasledujúcej kapitole uvádzam návrh riešenia a predkladám jeho praktické vyhotovenie. Pre správne riešenie regulácie uvažovaného odsávacieho systému bolo nevyhnutné uvedenie si činnosti jednotlivých súčastí ovládacieho systému, na základe ktorého som sa rozhodol riadiť systém software-ovo pomocou mikrokontrolérov. Ich programovanie, ako aj zavádzanie do automatizácie ponúkalo ideálne riešenie pre zásadný bod môjho návrhu, a to komunikáciu súčastí systému bezdrôtovou linkou. Spojením mikrokontroléru ATmega8 a bezdrôtovým komunikačným modulom RFM12B na jednu DPS som vyriešil zároveň ovládanie periférii, ktoré majú byť týmto systémom regulované ako aj ich vzájomnú komunikáciu. Keďže základnou podmienkou bolo, že ovládaných periférii v systéme bude nepredvídateľne viac, bolo potrebné vyriešiť rozlišovanie informácií od každého z prvku v bezdrôtovej komunikácii. To zabezpečuje obvod vysielateľ, teda riadiaca jednotka ovládajúca ventilátor, ktorý rozlišuje prijímané adresy od jednotlivých prijímačov na základe napevno definovaných adries v programe mikrokontroléru. Pre lepšiu predstavu o činnosti celého systému riadenia odsávania som zhotovil vývojový diagram (obr. 3.1). Spínanie ventilátora ako aj regulačných klapiek je riešené inštaláčnymi spínacími súčiastkami – relé a stýkač, ktorý je potrebný iba pri spínaní a rozpínaní ventilátora.

Nakoľko riešenie reflektuje na konkrétne zadanie objednávateľa zovšeobecnením jeho nárokov sa ponúka vybranej cieľovej trhovej skupine, je dôležitá jeho trhovú uplatniteľnosť. Za tým účelom som spracoval štúdiu rentability zavedenia môjho riešenia do prevádzkovej praxe. Z nákladového porovnania vyplynula vysoká návratnosť zavedenia navrhovanej regulácie už v podmienkach veľmi malých výrobní. Táto skutočnosť nepochybne významne ovplyvní praktickú využiteľnosť môjho riešenia.

Pri tvorbe zadania som nemal dostatočne rozsiahle vedomosti o podmienkach, pre ktoré som riadiaci systém navrhoval na stanovenie potrebných cieľov na dosiahnutie v praxi vyhovujúceho systému. Po dohovoroch s niekoľkými pracovníkmi, ktorý sa venujú problematike odsávania som získal presnú predstavu o riešení môjho systému. Preto som vo svojej práci vynechal niektoré body zadania.

Inventarizáciou vyššie uvedeného konštatujem, že vyhotovením a praktickým odskúšaním navrhovaného systému riadenia centrálnych odsávania sa mi podarilo naplniť merito zadania práce. Uspokojivé výsledky zo zavedenia môjho riešenia v konkrétnych výrobných podmienkach dáva predpoklady pre ich budúce úspešné praktické implementovanie.

6. Informačné zdroje

- [1] DZURENDA, L. Sypká drevná hmota, vzduchotechnická doprava a odlučovanie. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, 2007. ISBN 978-80-228-1765-3.
- [2] OSWALD, J. Priemyselná vzduchotechnika. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta enviromentálnej a výrobnjej techniky, 2001. ISBN 80-228-1093-2.
- [3] Skopírované z:
< <http://www.samaventilatori.it/english/dcta.htm> >
- [4] Skopírované z:
< http://www.boto.sk/n_stroje_odsavanie_odpad_1odsavanie_mobilne.html >
- [5] KOMÁROMI, E. Vstupný obchodno-technický návrh odsávania. 2012, str. 1.
- [6] Skopírované z:
< http://www.boto.sk/katalog/index_sk_07_prislusenstvo.htm >
- [7] Skopírované z:
< http://www.ecogate.eu/produkt_detail.php?id=7&lang=cz >
- [8] ECOGATE. Inteligentní řízení odsávání [online]. 2011. [cit. 2012-12-12]. Dostupné z WWW:
< <http://www.ecogate.eu/produkty.php?lang=cz> >
- [9] ATMEL CORPORATION. AVR microcontroller ATmega8L datasheet [online]. 2013. [cit.2013-5-22]. Dostupné z WWW:
< http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf >
- [10] POVALAČ, A. AVR ISP programátor BiProg [online]. 2013. [cit. 2013-5-4]. Dostupné z WWW:
< http://www.urel.feec.vutbr.cz/web_documents/dilna/BiProg/biprog_urel.pdf >
- [11] KRÁLÍČEK, M., KOPEČEK, P. Komunikace modulů RFM12B/868D [online]. 2010. [cit. 2012-12-16]
- [12] SLANINA, M. Moderní bezdrátová komunikace. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2010. ISBN 978-80-214-4156-9.
- [13] HOPE MICROELECTRONICS CO. RFM12B Universal ISM Band FSK transceiver [online]. 2006. [cit. 2013-5-22]. Dostupné z WWW:
< <http://www.hoperf.com/upload/rf/RFM12B.pdf> >
- [14] BOTO S.R.O. Katalóg Boto [online]. [cit. 2013-5-29]. Dostupné z WWW:
< http://www.boto.sk/katalog/index_sk_07_prislusenstvo.htm >

- [15] MOELLER GMBH. Stýkače a relé [online]. 2007. [cit. 2013-5-29]. Dostupné z WWW:
<<http://www.eatonelectric.sk/?ID=2>>

7. Zoznam príloh

Príloha 1

Schéma navrhnutého obvodu prijímač/vysielač

Príloha 2

Návrh dosky plošného spoja obvodu prijímač/vysielač z pohľadu bottom (spodná vrstva DPS)

Príloha 3

Návrh dosky plošného spoja obvodu prijímač/vysielač z pohľadu top (horná vrstva DPS)

Príloha 4

Úsek zdrojového kódu programu pre prijímač

Príloha 5

Úsek zdrojového kódu programu pre vysielač

Príloha 6

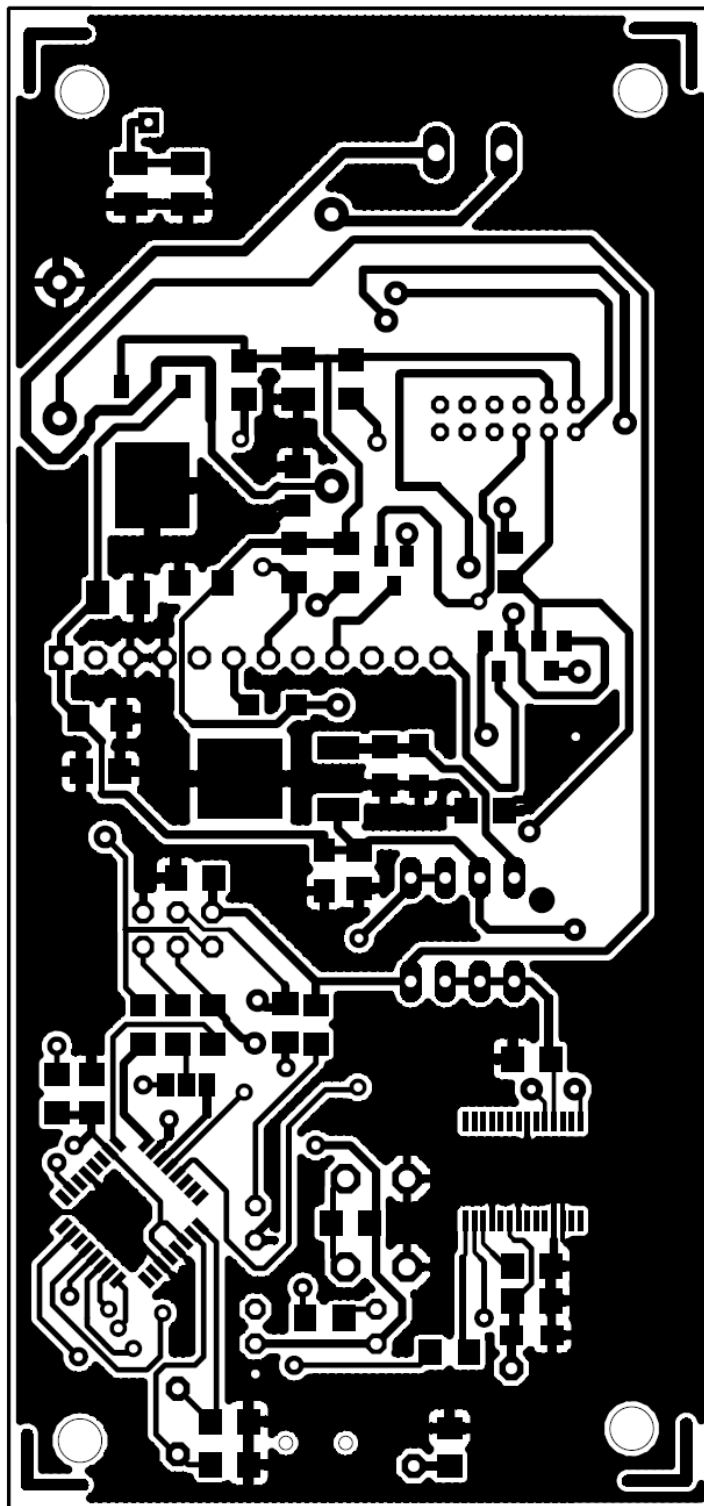
Zostavený obvod vysielač/prijímač

Schéma navrhnutého obvodu prijímač/vysielač



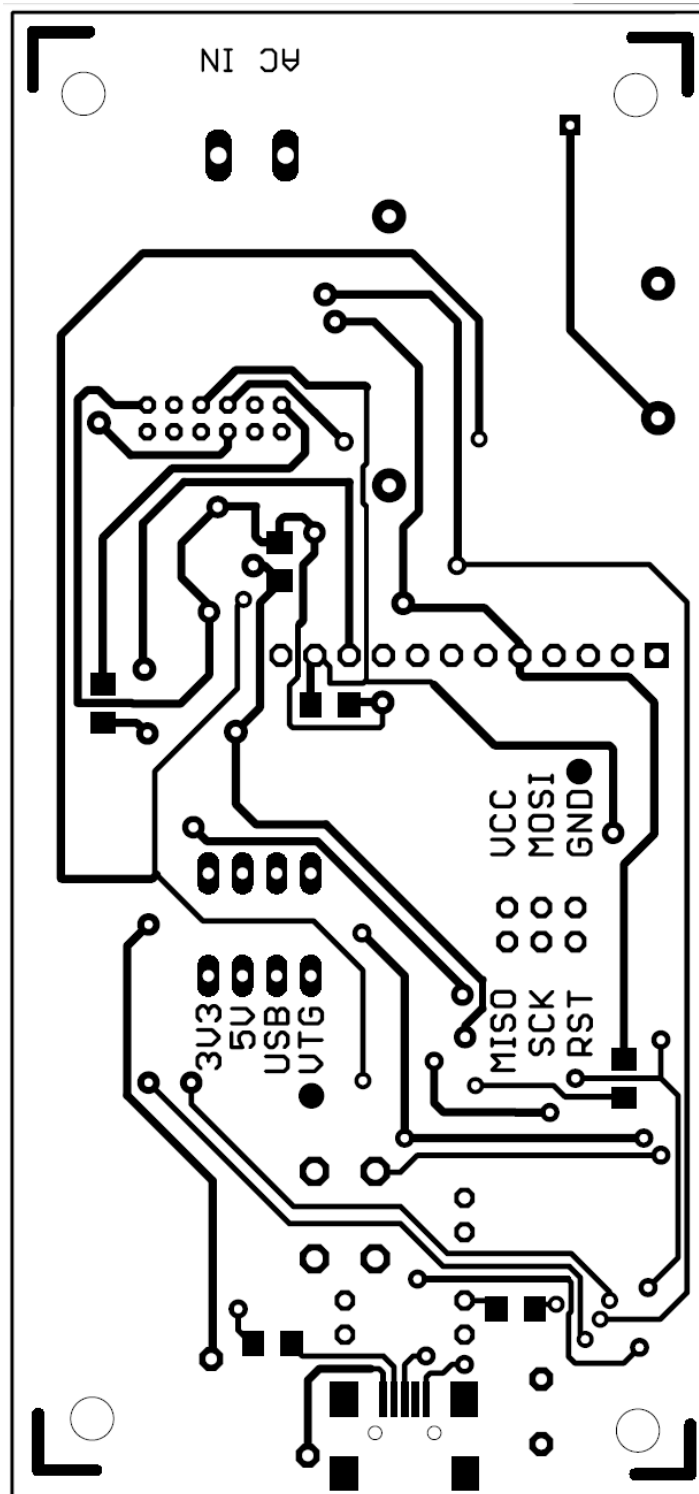
Príloha 2

Návrh dosky plošného spoja obvodu prijímač/vysielač z pohľadu bottom (spodná vrstva DPS)



Príloha 3

Návrh dosky plošného spoja obvodu prijímač/vysielač z pohľadu top (horná vrstva DPS)



Príloha 4

Úsek zdrojového kódu programu pre prijímač

```
#include <avr/io.h>          //Hlavickovy soubor popisujuci
    mikrokontroler
#include <avr/interrupt.h> //Subor popisujuci prerusenie
    mikrokontroleru
#include <stdio.h>
#define F_CPU 8000000UL
#include <util/delay.h>
#include "Transceiver.h"

//deklaracia adries prijimacov
#define RX1 0x01
#define RX2 0x02
#define RX3 0x03

unsigned char rele[3] = {0,0,0};

#define RELE_1 rele[0]          //priklad stroja1
#define RELE_2 rele[1]          //priklad stroja2
#define RELE_3 rele[2]          //priklad stroja3

unsigned char send_RELE(unsigned char adresa_stroja);
unsigned char wait_answer(void);

extern volatile N_ROTE_paket Paket_in;
extern unsigned char my_ID;
extern volatile unsigned char Receiv_int;

int main (void){

    Receiv_int = 0;              //nastavenie neprijatych dat

    DDRD = 0xfb;                 //nastavenie vstupu/vystupu
    DDRC = 0xff;                 //nastavenie vstupu/vystupu
    PORTC = 0xff;                //(1<<PC3) | (1<<PC5);

    PORTD = 0xfb;                //PD3 vypne rele
    Init_Transceiver();          //inicializacia transceiveru

    my_ID = 0x00;                //nastavenie adresy vysielaca

    sei();                       //povolenie prerusenia
```


Príloha 5

Úsek zdrojového kódu programu pre vysieláč

```
#include <avr/io.h>                //Hlavickovy subor popisujuci
                                   //mikrokontroler
#include <avr/interrupt.h>          //Subor popisujuci prerusenie
                                   //mikrokontroleru

#include <stdio.h>
#define F_CPU 8000000UL
#include <util/delay.h>
#include "Transceiver.h"

void posli_paket(void);

extern volatile N_ROTE_paket Paket_in;
extern unsigned char ID_RX, my_ID;
extern volatile unsigned char Receiv_int;

int main (void){

//  unsigned char Receiv_int1;

    Receiv_int = 0;                //nastavenie neprijatych dat
    Init_Transceiver();            //inicializacia transceiveru

    ID_RX = 0x00;                  //nastavenie adresy prijimaca natvrdo
    my_ID = 0x01;                  //nastavenie vlastnej adresy natvrdo

    DDRC = 0xff;                   //nastavenie vstupu/vystupu
    PORTC = 0xff;                   //nastavenie pull-up pro vs

    sei();                          //povolenie prerusenia

    _delay_ms(500);

posli_paket();                     //odosielanie paketu o zapnuti

    while(1)
    {
        if(Receiv_int == 1)        //podmienka prijatych dat
        {
            PORTC = 0xf7;_delay_ms(100); //LED_GREEN aktivna

            posli_paket();           //odpoved na prichadzajuci paket

            Receiv_int = 0; //nastavenie prazdnych dat
            REC_on;           //povolenie prerusenia
            PORTC = 0xff;      //LED_GREEN, LED_RED neaktivne
        }
    }
}
```

Príloha 6

Zostavený obvod vysielateľ/prijímač

